



US 20020043934A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication**  
**Tanaka**(10) **Pub. No.: US 2002/0043934 A1**(43) **Pub. Date: Apr. 18, 2002**(54) **ORGANIC ELECTROLUMINESCENCE  
DEVICE AND METHOD FOR  
MANUFACTURING SAME**(30) **Foreign Application Priority Data**

Oct. 17, 2000 (JP) ..... 317165/2000

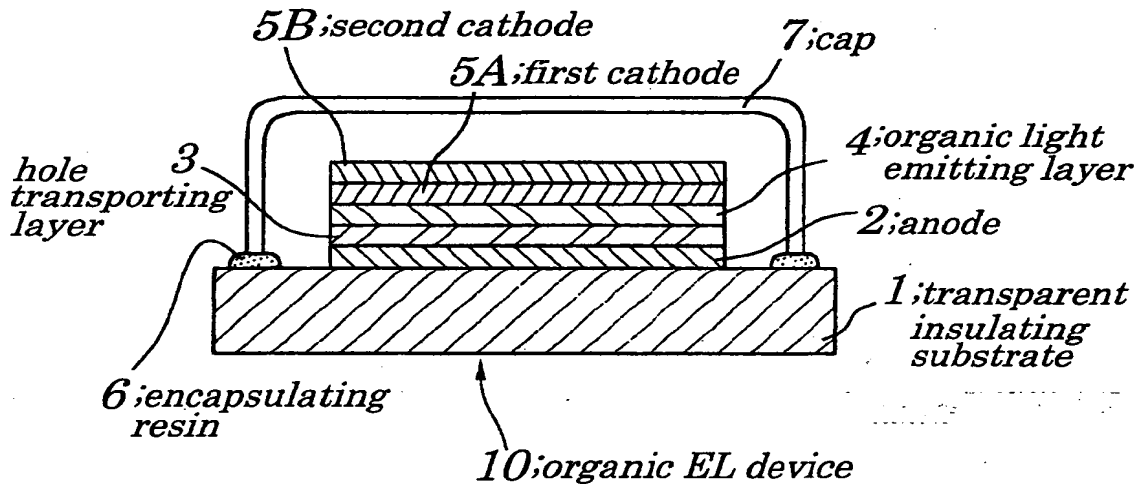
(75) **Inventor: Taizou Tanaka, Tokyo (JP)****Publication Classification**(51) **Int. Cl.<sup>7</sup> ..... H01J 1/62**  
(52) **U.S. Cl. .... 313/512**

Correspondence Address:

Norman P. Soloway  
HAYES, SOLOWAY, HENNESSEY,  
GROSSMAN & HAGE, P.C.  
175 Canal Street  
Manchester, NH 03101 (US)(57) **ABSTRACT**

An organic EL device and a method for manufacturing the organic EL device are provided which are capable of providing a high rectification ratio without a decrease in a throughput in manufacturing the organic EL device.

In the organic EL device, device main components having an anode, hole transporting layer, organic light emitting layer, first cathode, and second cathode are formed on an insulating substrate with oxygen existing in an interface between the organic light emitting layer and first cathode.

(73) **Assignee: NEC Corporation**(21) **Appl. No.: 09/981,161**(22) **Filed: Oct. 16, 2001**

BEST AVAILABLE COPY

특 2002-0030726

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)(51) Int. Cl.  
H05B 39/04(11) 공개번호 특2002-0030726  
(49) 공개일자 2002년04월25일

(21) 출원번호	10-2001-0063886
(22) 출원일자	2001년10월17일
(30) 우선권주장	JP-P-2000-00317165 2000년10월17일 일본(JP)
(71) 출원인	닛본 덴기 가부시끼가이샤 가네코 히사시
(72) 발명자	일본국 도쿄도 미나토구 시바 5조메 7방 1고 다나카다이조우
(74) 대리인	일본도쿄도미나토구시바5조메7방1고닛본덴기가부시끼가이샤내 구영창, 장수길

심사청구 : 있음(54) 유기 전계 발광 소자 및 그 제조 방법요약

유기 EL 소자 제조시 생산량을 감소시키지 않고 높은 정류비를 제공할 수 있는 유기 EL 소자 및 그 제조 방법을 제공한다.

유기 EL 소자에서, 양극, 정공 수송층, 유기 발광층, 제1 음극 및 제2 음극을 갖는 주요 구성 요소들이 절연 기판 상에 형성되고, 상기 유기 발광층과 제1 음극 간의 계면에는 산소가 존재한다.

도표도도 1제1면

정공 수송층, 투명 절연 기판, 유기 발광층, 제1, 제2 전공 증착 장치

영역서도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 유기 EL 소자의 구성을 도시하는 단면도.

도 2a 내지 2d는 본 발명의 실시예에 따른 공정 순서에 따라 유기 EL 소자의 제조 방법의 구성을 도시하는 공정도.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 유기 EL 소자의 제조 방법의 주 공정에서 사용되는 전공 증착 장치의 구성을 도시하는 개략도.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 유기 EL 소자의 정류 특성을 도시하는 그래프.

도 5는 비교례로서 유기 EL 소자의 정류 특성을 도시하는 그래프.

도 6은 본 발명에 따른 실험에서, 전공 증착 장치내의 산소의 부분압이 변할때 얻어지는 정류비를 도시하는 테이블.

도 7은 또한, 비교례로서 얻어지는 정류비를 도시하는 테이블.

도 8은 본 발명에 따른 실험에서, 유기 EL 소자내의 음극의 막두께가 변할때 얻어지는 정류비를 도시하는 테이블.

도 9는 또한, 비교례로서 얻어지는 정류비를 도시하는 테이블.

도 10은 종래의 범용 유기 EL 소자의 구성을 도시하는 개략도.

도 11은 종래의 유기 EL 소자의 구성을 도시하는 개략도.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

1 : 투명 절연 기판

2 : 양극

3 : 정공 수송층

- 4 : 유기 발광층
- 5a : 제1 음극
- 5b : 제2 음극
- 6 : 밀봉 수지
- 7 : 캡
- 10 : 유기 EL 소자
- 11 : 용기
- 12A, 12B : 보트 지지대
- 13 : 기판 지지대
- 14 : 셔터
- 15 : 셔터 구동부
- 16 : 산소 가스원
- 17 : 가스 도입 단자
- 18 : 가스 파이프
- 19 : 퍼스-클로우 제어기
- 20 : 진공 증착 장치
- 21A : 제3 보트
- 21B : 제4 보트

#### 본명의 상세한 설명

##### 본명의 목적

##### 본명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 유기 전계 발광(EL; electroluminescence) 소자 및 그 제조 방법에 관한 것이고, 특히 소자의 주요 구성 요소는 적어도 하나의 유기 발광층과 음극을 구비하고 그 유기 발광층과 음극 사이의 계면에 산소를 포함하고 있는 유기 전계 발광 소자(이하, '유기 EL 소자'라 함)에 관한 것이다.

정보 기기용 표시부에서 사용되는 EL 소자의 일종으로서 유기 EL 소자가 개발되고 있다. 도 10은 종래의 유기 EL 소자의 구성을 도시하고 있다.

도 10을 참조하면, 종래의 유기 EL 소자는 유리 기판(51) 상에 이루어진 투명 절연 기판(51), 그 투명 절연 기판(51) 상에 형성되며 ITO 등의 투명 도전성 재료로 이루어진 양극(하부 전극)(52)과, 그 양극(52) 상에 형성된 정공 수송층(53), 그 정공 수송층(53)에 형성된 유기 발광층(54)과, 유기 발광층(54) 상에 형성되며 Al(aluminum, lithium) 등으로 이루어진 음극(상부 전극)(55)을 포함하는 소자 주요부, 및 유리통으로 이루어진 캡(57)을 포함하고, 투명 절연 기판(51)과 캡(57) 사이에 개재되어 있는 밀봉 수지(56)가 투명 절연 기판(51) 상에 형성된 소자 주요부를 덮고 있다. 밀봉 수지(56)는 예로서 UV 경화 수지가 이용된다. 광원으로부터 공급되며 UV를 포함하는 광을 밀봉 수지(56)에 조사하면, 이 밀봉 수지(56)는 경화되어 밀봉을 실현하게 된다.

유기 발광층(54)과 음극(55) 사이의 계면의 상태는 완전하지 않기 때문에, 불만족 결합이 존재하게 된다. 즉, 이 결합은 계면 준위가 형성되어야 하는 개소에 격자 결함에 의해 미결합 불충분 준위가 존재하는 것을 의미한다. 이 결합 때문에, 캐리어가 트래폴링하는 경로에 대하여, 또 다른 경로가 생성되게 되어, 누설전류를 발생시킬 위험성이 있다. 그 결과, 유기 EL 소자의 특성이 불안정하게 되어, 유기 EL 소자가 단순 매트릭스 방식으로 구동되는 경우에는, 화소의 단락 및/또는 크로스토크가 일어나게 된다.

여기서, 계면의 완전한 상태란, 유기 발광층(54)과 음극(55) 사이의 계면에서 계면 준위의 결합으로부터 유도되는 준위가 없는 상태이며, 열적 여기 전류에 의해 전자 주입이 스스로하게 형성될 수 있는 상태 또는 터널링 효과를 도출할 수 있는 준위가 안정된 상태로 존재하는 상태를 의미한다. 이와 대조적으로, 계면에서의 불완전 상태란, 결합의 발생에 의해서 다수의 계면 준위가 반복적으로 형성되거나 소멸됨으로써, 주입 특성의 변동을 야기하게 된다. 따라서, 유기 EL 소자는 유기 발광층(54)과 음극(55) 사이의 계면에 완전한 상태 및 안정된 계면 상태를 갖어야 하는 것이 필요하다. 이렇게 함으로써 누설 전류가 증가하는 것이 방지되고, 음극(55)과 양극(54) 사이의 단락이 방지될 수 있고, 마르세 유기 EL 소자의 특성이 안정될 수 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서, 일본 특허공보 11-312580호 공보에 개시되어 있는 유기 EL 소자에서는, 유기 발광층의 소자 구성 요소들이 산화성 가스 분위기에서 밀봉되도록 하여 그 유기 EL 소자의 특성을 안정시키고 있다. 상기 개시된 유기 EL 소자에는, 도 11에 도시된 바와 같이, 유기 기판(61), 유리 기판(61) 상에 형성되며 ITO로 이루어진 양극(62), 예로서 정공 전송 부재와 양극(62) 상에 형성된 발광층을 포함하는 스택형 층, MgAg(magnesium silver)을 포함하는 금속 또는 LiF(lithium fluoride) 및 Al(aluminum)으로 이루어진 소액형 층을 유기 막(63)에 구비하고 있는 음극(64), 및 소자 구성 요소들(즉, 양극(62), 유기 막(63), 및 음극(64))을 밀봉하여 UV 경화 수지 등으로 이루어진 밀봉 수지

(65)를 이용하여 소자 구성 요소들에 고정되지 않도록 하는 방식으로 하는 인폴로저(66)가 포함되어 있다.

산화성 가스를 포함하는 가스는 밀봉된 공간으로 주입된다. 이 가스에는 산화성 가스( $O_2$ ,  $N_2O$  등)와 비산화성 가스( $N_2$ ,  $Ar$ ,  $He$  등의 불활성 가스)의 혼합 가스를 포함하고 있다. 이 산화성 가스의 농도는 0.1 내지 0.2%로 설정되어 있다. 여기서, 이 혼합 가스의 주입은, 소자 구성 요소들이 형성된 유리 기판(61)이, 증착 챔버로부터, 인폴로저(66)가 그 내부에 설정되어 있는 프리-디개싱 챔버로 진공 상태에서 운반되고, 혼합 가스의 압력이 대기압 준위로 될 때까지 혼합 가스가 그 프리-디개싱 챔버로 도입되고, UV 램프에 의해 밀봉 수지(65)가 경화되어 밀봉을 완성하는 방식으로 수행되고 있다.

상술한 것과 같은 구성에 의해, 양극(62)과 음극(64) 사이에서 그 내부에 입자가 존재함으로써 기인하여 단락이 발생한다고 하더라도, 그 입자는 산화성 가스에 의해 산화되어 절연성을 가지게 되기 때문에, 양극(62)과 음극(64) 사이는 절연 상태로 바뀌되어 유기 EL 소자의 수명이 향상되게 된다.

하지만, 일본 특허공11-312580호 공보에 개시된 유기 EL 소자를 제조하는 방법에는 다음과 같은 문제점이 있다. 즉, 이 공보에 개시된 방법에 있어서는, 입자에 기인하는 양극(62)과 음극(64) 사이의 단락을 방지하는 방법에 대해서만 고려하고 있기 때문에, 유기 EL 소자의 제조 수율을 감소시키지 아니하면서 고 정류비를 얻는다는 것은 어렵게 된다.

즉, 이 공보에 개시된 방법에 있어서는, 밀봉되기 전에 산화성 가스와 비산화성 가스의 혼합 가스를 도입하고, 그 산화성 가스를 이용하여 양극(62)과 음극(64) 사이에 존재하는 입자를 산화시킴으로써 유기 EL 소자의 수명이 향상되고 있다. 이러한 경우에, 일본 특허공11-312580호 공보의 단락번호 0025에 개시된 바와 같이, 유기 EL 소자의 음극(64)은 그 두께가 180nm 정도로 상당히 두껍게 되도록 형성되어 이러한 두꺼운 두께를 가진 음극(64)으로 하여금 고 정류비를 제공하는 것을 불가능하게 하고 있다. 그래서, 정류비가 더욱 커지도록 하여야만 한다면, 음극(64)의 두께는 더욱 얇아져야 하기 때문에, 유기 EL 소자의 제조 수율은 더욱 낮아지게 되며, 불가피하게 생산량이 감소되게 된다.

#### 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

전술한 태안에서, 유기 EL 소자의 제조시의 생산량을 감소시키지 않고, 고 정류비를 제공할 수 있는 유기 EL 소자 및 그 제조 방법을 제공하는 것이 본 발명의 목적이다.

#### 본 발명의 구성 및 작용

본 발명의 제1 태안에 따르면,

양극;

적어도 1 개의 유기 발광층을 포함하는 유기층;

음극;

절연 기판 상에 적층된 주요 구성 요소들인 양극, 유기층, 및 음극을 밀봉시키기 위해 사용되는 캡을 포함하고,

유기층과 음극간의 계면에 산소가 포함되어 있는 유기 EL 소자가 제공된다.

본 발명의 제2 태안에 따르면,

양극;

적어도 1 개의 유기 발광층을 포함하는 유기층;

음극;

절연 기판 상에 적층된 주요 구성 요소들인 양극, 유기층, 및 음극을 밀봉시키기 위해 사용되는 캡을 포함하고,

음극은 제1 음극과 제2 음극을 갖고 유기층과 제1 음극간의 계면에 산소가 포함되어 있는 유기 EL 소자가 제공된다.

본 발명의 제3 태안에 따르면,

양극;

적어도 1 개의 유기 발광층을 포함하는 유기층;

음극;

절연 기판 상에 적층된 주요 구성 요소들인 양극, 유기층, 및 음극을 밀봉시키기 위해 사용되는 캡을 포함하고,

음극은 복수의 층을 갖고, 복수의 층에 포함되고 유기층과 접촉하는 제1 음극 내의 산소 함량이, 제2 음극 상에 형성된 후 유기층과 접촉하지 않는 임의의 음극 내의 산소 함량보다 더 많은 유기 EL 소자가 제공된다.

전술한 내용에서, 바람직한 모드는 음극의 막 두께가 30nm 내지 100nm이다.

본 발명의 제4 태안에서, 절연 기판 상에 형성된 주요 구성 요소들인 양극, 적어도 하나의 유기 발광층을 포함하는 유기층, 및 음극을 캡을 사용하여 밀봉시키기 위한 유기 EL 소자 제조 방법이 제공되며,

밀봉 이전에, 상기 장치 주요 구성 요소들이 형성된 상기 절연 기판을 진공 장치에 놓아두고 감소된 대기

압에서 상기 유기층과 상기 음극 간의 계면에 산소가 포함된다.

본 발명의 제5 태양에 따르면, 절연 기판상에 형성된 주요 구성 요소들인 양극, 적어도 1 개의 유기 발광층을 포함하는 유기층, 복수의 층들로 구성된 음극을 캡을 사용하여 밀봉시키기 위한 유기 EL 소자 제조 방법이 제공되고, 이 방법은,

절연 기판 상에 도전막을 형성한 후, 양극을 형성하기 위해 도전막 상에 원하는 형상으로 패터닝 동작을 행하는 공정;

상부에 양극이 형성된 절연 기판을 진공 장치에 넣고, 감소된 대기압에서 상기 유기층과 상기 양극 상에 복수의 층을 갖는 음극에 포함된 제1 음극을 순차 적층하는 공정;

감소된 대기압을 유지하는 상기 진공 장치 내에 산소 가스를 도입하여 상기 산소 가스를 상기 제1 음극과 접촉하게 하는 공정;

상기 장치 주요 구성 요소들을 형성하기 위해, 상기 감소된 대기압에서 상기 제1 음극 상에 제2 음극을 형성한 후 형성될 음극을 적층하는 공정; 및

장치의 주요 구성 요소들을 캡을 사용하여 밀봉하는 공정을 포함한다.

전술한 내용에서, 바람직한 모드는 음극의 막두께가 20nm 내지 100nm인 경우이다.

또한, 바람직한 모드는, 산소 가스가 도입되어 진공 장치내 산소의 부분압이  $2 \times 10^{-4}$  내지  $1 \times 10^{-1}$  파스칼인 경우이다.

또한, 바람직한 모드는 진공 증착 장치가 진공 장치로 사용되는 것이다.

전술한 구성에 따라, 유기 발광층과 음극 사이에 배치된 계면을 갖는 소자의 주요 구성요소들은 절연 기판 상에 형성되어, 산소는 유기 발광층과 음극 사이에 포함되어, 계면의 상태는 안정된다.

또 다른 구성에 따라, 유기 발광층과 음극 사이에 배치된 계면을 갖는 소자의 주요 구성요소들이 형성된 절연 기판이 진공 증착 장치내에 놓여지고, 진공 상태가 유지되고, 산소 가스가 도입되어 산소가 유기 발광층과 음극 사이의 계면에 포함되어 유기 EL 소자를 제조하는 공정 시간을 단축할 수 있도록 한다. 결과적으로, 유기 EL 소자의 제조시 생산량을 저하시키지 않고, 고 정류비가 얻어진다.

본 발명의 전술한 다른 목적, 장점, 및 특징은 참조 도면과 결부된 다음의 설명으로부터 더욱 명확히 알 수 있다.

본 발명을 실시하는 최상의 모드는 참조 도면에 따른 다양한 실시예를 사용하여 더 자세히 개시된다.

[실시예]

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 유기 EL 소자의 구성을 도시하는 단면도이다. 도 2a 내지 2d는 실시예에 따른 공정 순서에 따라 유기 EL 소자의 제조 방법의 구성을 도시하는 공정도이다. 도 3은 실시예에 따른 유기 EL 소자의 제조 방법의 주 공정에서 사용되는 진공 증착 시스템의 구성을 도시하는 개략도이다. 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 유기 EL 소자의 정류 특성을 도시하는 그래프이다. 도 5는 비교례로서 유기 EL 소자의 정류 특성을 도시하는 그래프이다.

도 1에 도시된 바와 같이, 실시예의 유기 EL 소자(10)는, 유리 기판등으로 구성된 투명 절연 기판(1), ITO 등과 같은 투명 도전성 재료로 구성되어 투명 절연 기판(1)상에 형성된 양극(2),  $\alpha$ -NPD ([N, N'-diphenyl]-N, N'-bis(1-naphthyl)-(1, 1'-biphenyl)-(4, 4'-diamine))] 등으로 구성되어 양극(2)상에 형성되는 정공 수송층(3),  $Alq_3$  ([tris-(8-quinolinolate) aluminum complex])로 구성되어 정공 수송층(3) 상에 형성되는 유기 발광층(4);  $AlLi$  (aluminum lithium)로 구성되어 20nm 내지 100nm의 막 두께를 갖고 유기 발광층(4)상에 형성되는 제1 음극(5A);  $Al$  등으로 구성되어, 산소가 제1 음극(5A)의 표면에 접촉한 후에, 제1 음극(5A)상에 형성되는 제2 음극(5B), 및 양극(2), 정공 수송층(3), 유기 발광층(4), 제1 음극(5A), 제2 음극(5B)을 갖는, 주 성분이 투명 절연 기판(1)과 캡(7)중간에 배치된 밀봉용 수지(6)로 도포되는 방식으로 형성된 투명 절연 기판(1)상에 설치된 캡(7)을 포함한다.

실시예의 유기 EL 소자(10)에서, 제1 음극(5A)이 형성된 후에, 산소는 제1 음극(5A)의 표면과 접촉하여, 제1 음극(5A)의 표면에서 내부로 유입하고, 유기 발광층(4)과 제1 음극(5A)사이의 계면에 분산되어 계면에 존재하는 불활 부분을 채워, 불안정 준위를 안정 준위로 변화시켜, 계면을 완전한 상태로 만든다. 유기 발광층(4)과 제1 음극(5A)사이 계면을 완전한 상태로 함으로써, 누설 전류의 증가를 성공적으로 방지하고, 음극과 양극간의 단락도 피할 수 있어, 유기 EL 소자의 특성이 안정된다. 또한, 제1 음극(5A)과 제2 음극(5B)을 설치함으로써, 음극의 막 두께가 증가할 수 있어, 결선 저항이 감소된다. 따라서, 광 방사시의 불균일한 휘도는 방지될 수 있다.

다음에, 유기 EL 소자(10)의 제조 방법이 도 2를 참조한 공정 순서에 따라 개시된다.

첫째, 도 2A에 도시된 바와 같이, 투명 도전 막으로써, 150nm의 두께를 갖는 ITO 막은, 스퍼터링 방법으로, 충분히 세정된 유리 기판등으로 구성된 투명 절연 기판(1)상에 형성된다. 다음에, 양극(2)이 포토리소그래피 방법을 사용하여 패터닝 동작에 의해 ITO 막상에 형성된 후에, 유기 EL 소자의 광 방사 면적은 2mm<sup>2</sup>가 되고, 투명 절연 기판(1) 및 양극(2)은 IPA(Iso-propyl alcohol) 및 증류수를 사용하여 세정되고, IPA를 사용하여 초음파 세정이 수행된 후, UV 오존 플러너로 세정하여 투명 절연 기판(1) 및 양극(2)의 표면에서 잔여 유기 재료가 제거된다.

다음에, 도 2B에 도시된 바와 같이, 정공 수송층(3) 및 유기 발광층(4)이 양극(2)상에 순차적으로 형성된다. 정공 수송층(3) 및 유기 발광층(4)의 형성은 다음 방식에 따라 수행된다.

첫째, 정공 수송 재료로 100mg의  $\alpha$ -NPD를 포함하는 폴리브덴 보트(제1 보트) 및 광 방사 재료로  $Alq_3$ 를

포함하는 다른 플리브렌 보트(제2 보트)가 진공 증착 장치내에 위치하여, 각각의 보트는 별개의 증착 소스로 작용한다. 다음에, 투명 절연 기판(1)이 진공 증착장치내에 설치된후에, 진공 증착 장치내의 진공도가  $2 \times 10^{-4}$  파스칼이 될때까지 공기가 제거된후, 제1 보트는 가열된다.

다음에, 제1 보트내의  $\alpha$ -NPD의 증착 속도가 0.3nm/sec의 일정한 속도가 될때까지 가열 온도가 제어된후, 진공 증착 장치의 상부에 미리 결합된 셔터가 개방되어  $\alpha$ -NPD의 피착이 시작되고, 막 두께가 50nm에 도달할때 셔터가 차단되어 피착이 종료된다.

다음에, 유사한 방법으로, 제2 보트내의 Alq의 증착 속도가 0.3nm/sec의 일정한 속도가 될때까지 가열 온도가 제어된후, 진공 증착 장치의 상부에 미리 결합된 셔터가 개방되어 Alq의 피착이 시작되고, 막 두께가 55nm에 도달할때 셔터가 차단되어 피착이 종료된다.

따라서,  $\alpha$ -NPD로 구성된 정공 수송층(3) 및 Alq로 구성된 유기 발광층(4)은 양극(2)상에 형성된다.

다음에, 도 3에 도시된 바와 같이, 기판(1)은 다른 진공 증착 장치(20)내로 이동하여, 진공 증착 장치에 접속되고, 진공 상태가 유지된 상태로, 도 2에 도시된 바와 같이, 유기 발광층(4)상에 제1 음극(5A)을 형성한다.

도 3에 도시된 바와 같이, 진공 증착 장치(20)는, 용기(11)(챔버), 용기(11)의 바닥에 설치된 보트 지지대(12A 및 12B), 용기(11)내 상부에 설치된 기판 지지대(13), 용기(11)내 상부에 설치된 셔터(14), 수평 방향으로 셔터(14)의 위치를 제어하는데 사용되는 셔터 구동부(15), 용기(11)의 외부에 부착된 산소 가스원(16), 용기(11)의 외부에 부착되어 산소 가스원(16)으로부터 가스 도입 단자(17)로 산소를 공급하는데 사용되는 가스 파이프(18), 및 가스 파이프(18)의 중간에 설치된 매스-플로우 제어기(19)를 포함한다.

진공 증착 장치(20)의 용기(11)에서, 저장 가열 소스(미도시됨)에 접속된 AlLi(aluminum lithium)를 포함하는 플리브렌 보트(제3 보트(21A))와 저장 가열 소스(미도시됨)에 또한 접속된 Al(aluminum)를 포함하는 다른 플리브렌 보트(제4 보트(21B))는 미리 배치된다. 게다가, 가스 도입 단자(17)로부터 진공 증착 장치(20)의 용기(11)로 유입된 산소 가스의 흐름은 매스-플로우 용기(19)에 의해 제어된다. 진공

증착 장치(20)의 용기(11)로부터 가스를 배출함으로써 진공 정도가  $4 \times 10^{-4}$  파스칼 이하가 되는 시점에, 제3 보트(21A)는 저장 가열 소스(미도시됨)에 의해 가열된다. 이때, 제3 보트(21A)에 존재하는 AlLi의 증착 속도가 0.4nm/sec의 일정한 속도가 되도록 가열 온도를 제어한다. 다음으로, 용기(11)의 상부 안쪽에 부착된 셔터(14)는 수평 방향으로 셔터 구동부(15)를 이동시킴으로써, 오픈되어 AlLi의 피착이 시작되고, 막의 두께가 약 60nm가 될 때, 셔터(14)를 차단하여 AlLi의 피착을 종료한다.

다음으로, AlLi로 이루어진 제1 음극(5A)은 유기 발광층(4) 상에 형성된다.

다음으로, 유기 발광층(4)과 제1 음극(5A) 사이의 계면에 산소가 포함되도록 하기 위하여, 산소 가스는 진공 증착 장치(20)내에 도입된다.

진공 증착 장치(20)내의 산소 가스원(16)으로부터 가스 파이프(18)를 통해 가스 도입 단자(17)로부터 용기(11)로 도입된 산소 가스를 매스-플로우 용기(19)로 제어하여 그 흐름이 약 10 SCCM(Standard Cubic Centimeter per minute)이 되도록 한다. 이때, 용기(11)내의 진공은  $4 \times 10^{-2}$  파스칼이다. 약 5분후에, 산소 가스의 도입은 중지되고 산소 가스는 용기(11)내의 진공이  $4 \times 10^{-4}$  파스칼이 될 때까지 용기(11)로부터 배출되고 제4 보트(21B)는 저장 가열 소스(미도시됨)에 의해 가열된다. 다음으로, 제4 보트(21B)내의 Al의 증착 속도가 0.4 nm/sec의 일정한 속도가 유지되도록 가열 온도를 제어한 후, 셔터(14)를 개방하여 Al의 피착을 시작하고, 막의 두께가 약 200nm가 될 때, 셔터(14)를 차단하여 피착을 종료한다.

따라서, Al로 이루어진 제2 음극(5B)은 도 2c에 나타난 바와 같이 제1 음극(5A) 상에 형성된다. 이는 양극(2), 정공 수송층(3), 유기 발광층(4), 제1 음극(5A) 및 제2 음극(5B)을 주 구성요소로 하는 소자가 투명 절연 기판(1) 상에 형성된다는 것을 의미한다. 제2 음극(5B)의 형성 공정후 수행된 공정의 산소 가스의 도입이 진공을 유지한 채로 수행되기 때문에, 제2 음극(5B)의 형성시 진공을 이끌어내는데 필요한 시간은 짧아질 수 있고, 그 결과 공정 시간이 감소될 수 있다.

상술한 바와 같이, 용기(11)로의 산소 가스의 도입은 유기 발광층(4)과 제1 음극(5A) 사이의 계면에 산소가 포함되도록 할 수 있다. 이 도입된 가스는 유기 발광층(4)과 제1 음극(5A) 사이의 계면에서 안정한 준위를 형성할 수 있게 하고, 그 결과 유기 발광층(4)과 제1 음극(5A) 사이의 계면의 상태는 완벽하게 된다. 게다가, 제2 음극(5B)은 제1 음극(5A) 상에 형성되며, 제1 음극(5A)과 함께, 음극으로 동작된다.

다음으로, 투명 절연 기판(1)이 도 2d에 나타난 바와 같이 밀봉된 챔버(미도시됨)내로 이동된 후, 양극(2), 정공 수송층(3), 유기 발광층(4), 제1 음극(5A) 및 제2 음극(5B)을 주 구성요소로 하는 소자는 유리 등으로 이루어진 캡(7)이 예를 들면, 캡(7)과 투명 절연 기판(1) 사이에 개재된 UV 경화 밀봉 수지(6)로 소자 주 구성요소를 도포하는 방식으로 밀봉하여 유기 EL 소자(10)를 형성한다. 밀봉 수지(6)가 밀봉층으로 경화될 때, 양극(2), 정공 수송층(3), 유기 발광층(4), 제1 음극(5A) 및 제2 음극(5B)을 갖는 소자 주 구성요소는 UV 광으로부터 보호되고 광은 밀봉 수지(6)에만 인가된다.

상술한 유기 EL 소자(10)를 제조하기 위한 방법에서, 소자 특성을 안정화시키기 위하여 산소가 유기 발광층(4)과 제1 음극(5A) 사이의 계면에 포함되도록 하는 밀봉 공정 이전의 산소 가스의 도입이 진공 증착 장치(20)의 용기(11)에 위치한 투명 절연 기판(1)과 함께 진공이 유지된 채로 수행되기 때문에, 제조 공정 시간이 짧아질 수 있다.

다음으로, 반도체 파라미터 분석기를 사용함으로써, 본 실시예의 유기 EL 소자(10)를 제조하기 위한 방법에 의해 제조된 유기 EL 소자(10)의 정류 특성이 측정된다. 유기 EL 소자(10)의 양극(2)과 제2 음극(5B) 사이에 순방향 전압과 역방향 전압을 인가함으로써 측정이 이루어진다. 광 방출 면적은 2mm<sup>2</sup>이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 유기 EL 소자(10)의 정류 특성을 나타낸 그래프이다. 400nm의 조사 파

장치를 갖는 광이 인가된다. 전류는 세로 좌표에 나타내었고 인가 전압은 가로 좌표에 나타내었다. 여기서, 8V의 역방향 전압에서의 역방향 전류  $I_r$ 에 대한 8V의 순방향 전압에서의 순방향 전류  $I_f$ 의 비는 정류비( $I_f/I_r$ )로서 정의된다. 이 실험으로부터 역방향 전류  $I_r$ 가 거의 흐르지 않기 때문에,  $4.0 \times 10^4$  만큼 큰 정류비를 구할 수 있어, 훌륭한 정류 특성을 제공할 수 있다는 것이 확인되었다.

도 5는 비교예로서, 제1 음극(5A)의 형성후 산소 가스의 유입이 필요하다는 것을 제외하고 본 실시예에서 전개된 것과 거의 동일한 방법에 의해 제조된 유기 EL 소자의 정류 특성을 나타낸 그래프이다. 이 실험으로부터, 비교예에서는, 역방향 전압을 인가할 때 역방향 전류  $I_r$ 가 흐르기 때문에,  $6.8 \times 10^2$  만큼 작은 정류비만이 구해져서, 정류 특성이 저하된다는 것을 나타낸다는 것을 확인할 수 있었다.

도 4와 도 5로부터 명백한 바와 같이, 산소가 유기 발광층(4)과 제1 음극(5A) 사이의 계면내에 포함되도록 제1 음극(5A)의 형성후 산소 가스를 도입함으로써, 더 큰 정류비를 구하는 것이 가능하였다. 그 이유는 제1 음극(5A)의 형성후 산소 가스의 도입은 유기 발광층(4)과 제1 음극(5A) 사이의 계면내에 산소가 포함될 수 있게 하여 유기 발광층(4)과 제1 음극(5A)사이의 계면의 완벽한 상태가 생성될 수 있게 하기 때문이다.

이와는 대조적으로, 도 5에 나타난 비교예에서 정류비가 저하하는 이유는 제1 음극(5A)의 형성후 산소 가스가 도입되지 않기 때문에, 유기 발광층(4)과 제1 음극(5A)사이의 계면에 산소가 포함되지 않고, 이로 인해 유기 발광층(4)과 제1 음극(5A)사이의 계면의 완벽한 상태가 달성되지 않는 것으로 보여진다.

본 발명의 발명자에 의해 수행된 분석 결과는 유기층 상에 형성된 음극층과 산소가 접할 때, 산소가 음극층에 전입하고 유기층과 음극 사이의 계면에 도달하여, 정류 특성이 향상된다는 것을 나타낸다. 즉, 유기층과 불순물 준위가 사라지게 하는 음극 사이의 계면에 존재하는 결함에 산소가 전입한다고 생각된다. 이는 음극이 유기층 상에 형성될 때 발생하는 결함내에 산소가 채워지는 상태이고 이 상태는 유기층 상에 균일하게 금속 산화층이 미리 적층된 후, 음극층이 금속 산화층 상에 추가로 적층되는 상태와는 상이하다. 여기서, 진공 중화 장치내의 산소의 부분 압력이 특히  $2 \times 10^{-4}$  내지  $1 \times 10^{-4}$  파스칼인 경우, 훌륭한 결과가 구해질 수 있다는 것을 실험으로부터 확인하였다. 도 6은 상술한 설명을 뒷받침하는, 본 발명의 실시예에서 수행된 실험에서 진공 중화 장치내의 산소의 부분 압력을 변경하였을 때 구해진 정류비를 나타내는 테이블이다. 도 7은 비교예에서 구해진 정류비를 나타낸 테이블이다. 비교예로서, 산소의 부분 압력이  $2 \times 10^{-4}$  내지  $1 \times 10^{-4}$ 의 범위를 벗어나서 설정될 때 구해진 정류비는 도 7에 나타나 있다.

도 6에서, 테이블내의 아이템 No.1은 산소의 부분 압력이  $2 \times 10^{-4}$  파스칼로 설정되고 구해진 정류비는  $3 \times 10^4$  인 경우를 나타낸다. 유사하게, 아이템 No.2는 산소의 부분 압력이  $2 \times 10^{-4}$  파스칼로 설정되고 구해진 정류비는  $2 \times 10^4$  인 경우를 나타낸다. 아이템 No.3은 산소의 부분 압력이  $5 \times 10^{-2}$  파스칼로 설정되고 구해진 정류비는  $1 \times 10^4$  인 경우를 나타낸다. 아이템 No.4는 산소의 부분 압력이  $1 \times 10^{-4}$  파스칼로 설정되고 구해진 정류비는  $2.8 \times 10^4$  인 경우를 나타낸다. 어느 경우든, 정류비는 높다.

한편, 도 7에서, 테이블내의 아이템 No.1은 산소의 부분 압력이  $1 \times 10^{-4}$  파스칼이고 구해진 정류비는  $3 \times 10^4$  인 경우를 나타낸다. 유사하게, 아이템 No.2는 산소의 부분 압력이  $2 \times 10^{-4}$  파스칼로 설정되고 구해진 정류비는  $2 \times 10^4$  인 경우를 나타낸다. 정류비는 도 6에 나타난 것보다 현저하게 작아졌고 이는 정류 특성이 저하되었음을 가리킨다.

도 6과 도 7로부터 명백한 바와 같이, 산소의 부분 압력이 특히  $2 \times 10^{-4}$  내지  $1 \times 10^{-4}$  파스칼로 설정될 때, 큰 정류비가 구해질 수 있다.

도 7에 나타난 바와 같이, 산소의 부분 압력이  $2 \times 10^{-4}$  내지  $1 \times 10^{-4}$  파스칼의 범위를 벗어나 설정되는 경우, 제조 수율이 저하하고/또는 산소의 과도한 소비를 유발하기 때문에 정류비가 커질 수 없다.

게다가, 음극의 막 두께가 특히 20nm 내지 100nm일 때, 뛰어난 결과가 구해질 수 있다는 것이 실험 및 분석을 통해 확인되었다. 도 8은 상술한 설명을 뒷받침하는, 유기 EL 소자(10)내의 음극의 막 두께가 본 발명의 실시예에서 수행된 실험에서 변경되었을 때 구해진 정류비를 나타낸 테이블이다. 도 9는 음극의 막 두께가 20nm 내지 100nm의 범위를 벗어나 설정되는 비교예에서 구해진 정류비를 나타낸 테이블이다.

도 8에서, 테이블내의 아이템 No.1은 음극의 막 두께가 20nm로 설정되고 구해진 정류비는  $3.9 \times 10^4$ 인 경우를 나타낸다. 유사하게, 아이템 No.2는 음극의 막 두께가 40nm로 설정되고 구해진 정류비는  $1.2 \times 10^4$ 인 경우를 나타낸다. 아이템 No.3은 음극의 막 두께가 70nm로 설정되고 구해진 정류비는  $1.6 \times 10^4$ 인 경우를 나타낸다. 아이템 No.4는 음극의 막 두께가 100nm로 설정되고 구해진 정류비는  $2.7 \times 10^4$ 인 경우를 나타낸다. 어느 경우든, 정류비는 높다.

한편, 도 9에서, 테이블내의 아이템 No.1은 음극의 막 두께가 10nm로 설정되고 구해진 정류비는  $1.0 \times 10^4$ 인 경우를 나타낸다. 유사하게, 아이템 No.2는 음극의 막 두께가 200nm로 설정되고 구해진 정류비는  $6.9 \times 10^4$ 인 경우를 나타낸다. 아이템 No.3은 음극의 막 두께가 300nm로 설정되고 구해진 정류비는  $4.2 \times 10^2$ 인 경우를 나타낸다. 아이템 No.4는 음극의 막 두께가 500nm로 설정되고 구해진 정류비는  $5.2 \times 10^2$ 인 경우를 나타낸다. 상술한 정류비는 도 8에 나타난 것보다 현저하게 작으며, 이는 정류 특성이 저하되었음을 가리킨다.

도 8 및 9로부터 명백한 바와 같이, 음극의 막 두께가 특히 20nm 내지 100nm 범위 내로 설정되는 경우, 높은 정류비를 얻을 수 있다.

반면, 막 두께가 특히 20nm 내지 100nm 범위를 벗어나 설정된다면 정류비를 크게 할 수 없게 된다. 음극의 막 두께가 20nm 보다 작게 된다면, 음극의 막 내부는 성겨지게(loose) 되어 정류비를 크게 할 수 없다. 또한, 음극의 막 두께가 100nm 보다 커지게 되면, 산소가 음극으로 침투되기 어렵게 됨으로써 유기층과 음극 간의 계면에 도달할 수 있는 산소량을 감소시키게 되어 정류비를 작게 하는 원인이 된다. 만약, 음극의 막 두께가 대략 100nm 정도라면, 전기 저항이 커지고 어떤 경우에는 휘도 불균일로 인한 표시 오류가 야기되므로 산소와 접촉한 후에 음극의 막 두께가 두꺼워지는 것이 바람직하다.

또한, 정류 특성은 음극이 산소와 접촉하게 됨으로써 향상되지만 진공 증착 장치가 다시 진공 상태가 되면 정류 특성이 약간 저하됨이 확인되었다. 이것은 유기 발광층(4)과 제1 음극(5A) 사이의 계면에 존재하는 결합에 본자 상태의 산소가 흡착된 상태로 존재할 가능성이 있음을 시사한다.

#### 발명의 효과

그리하여, 본 발명의 실시예의 유기 EL 소자(10)에 따르면, 양극(2), 정공 수송층(3), 유기 발광층(4), 제1 음극(5A) 및 제2 음극(5B)을 갖는 장치 주요 구성 요소들이 투명 절연 기판(1) 상에 형성되어 있고, 유기 발광층(4)과 제1 음극(5A) 간의 계면에 산소가 포함되어 있기 때문에 계면에는 안정한 준위가 형성된다.

또한, 본 실시예의 유기 EL 소자(10)에 따르면, 양극(2), 정공 수송층(3), 유기 발광층(4), 제1 음극(5A) 및 제2 음극(5B)이 상부에 형성된 투명 절연 기판(1)이 진공 증착 장치(20) 내에 놓여지는 한편, 감소된 대기압을 유지하면서 산소 가스를 도입하여 유기 발광층(4)과 제1 음극(5A) 간의 계면에 산소가 포함되도록 함으로써 제조 공정 시간을 단축할 수 있게 된다. 그 결과, 유기 EL 소자(10)의 제조 생산량을 감소시키지 않고 높은 정류비를 얻을 수 있다.

본 발명은 상술한 실시예들에 제한되지 않으며, 발명의 범주나 사상을 벗어나지 않는 범위에서 수정 및 변경될 수 있다. 예를들어, 상기 실시예에서, 투명 절연 기판(1) 상에 형성될 양극(2)을 재료로서 ITO를 사용할 수 있고, 한편 SnO<sub>2</sub> (이산화주석) 등과 같은 다른 전극 재료들도 사용할 수 있다. 투명 도전 재료에 한정되는 것이 바람직하다.

투명 절연 기판 대신 불투명 절연 기판을 사용할 수 있다. 또한, 음극으로서 AlLi 뿐만 아니라 Al, MgAg 등을 포함하는 다른 전극용 재료를 사용할 수 있다. 게다가, 정공 수송층(3)의 재료로서  $\alpha$ -NPD 뿐만 아니라 bis(di(p-tolyl)aminophenyl)-1, 1'-cyclohexane, N,N'-diphenyl-N, N'-bis(3-methylphenyl)-1, 1'-bisphenyl-4, 4'-diamine, N,N'-diphenyl-N,N'-bis(1-naphthyl)-(1,1'-bisphenyl)-4, 4'-diamine, 스타버스트형 분자 등을 사용할 수 있다.

또한, 상기 실시예들에서, 장치는 양극(2), 정공 수송층(3), 유기 발광층(4), 제1 음극(5A) 및 제2 음극(5B)을 주요 구성으로 갖지만, 유기층과 음극층 간의 계면이 형성되는 한, 양극, 유기 발광층 및 음극을 주요 구성으로 가질 수도 있고 또는 양극, 유기 발광층, (유기 재료로 된) 전자 수송층 및 음극 등을 주요 구성으로 가질 수도 있다. 더우기, 유기 발광층(4)을 포함하는 유기층과 접촉하는 두 개 이상의 층에 포함된 제1 음극(5A) 내의 산소 함유량이, 제2 음극(5B) 상에 형성되며 이후 유기층과 접촉하지 않는 입자의 음극층에서보다 큰 이상, 음극은 복수의 층으로도 구성될 수 있다.

#### (5A) 양극의 범위

##### 형구항 1

유기 전계 발광 소자에 있어서,

양극;

적어도 1 개의 유기 발광층을 포함하는 유기층;

음극; 및

절연 기판 상에 적층된 주요 구성 요소들인 상기 양극, 상기 유기층, 및 상기 음극을 밀봉시키기 위해 사용되는 캡을 포함하고,

상기 유기층과 상기 음극 간의 계면에 산소가 포함되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광 소자.

##### 형구항 2

유기 전계 발광 소자에 있어서,

양극;

적어도 1 개의 유기 발광층을 포함하는 유기층;

음극; 및

절연 기판 상에 적층된 주요 구성 요소들인 상기 양극, 상기 유기층, 및 상기 음극을 밀봉시키기 위해 사용되는 캡을 포함하고,

상기 음극은 제1 음극과 제2 음극을 갖고, 상기 유기층과 상기 제1 음극 간의 계면에 산소가 포함되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광 소자.

##### 형구항 3

유기 전계 발광 소자에 있어서,



양극;

적어도 1 개의 유기 발광층을 포함하는 유기층;

음극; 및

절연 기판 상에 적층된 주요 구성 요소들인 상기 양극, 상기 유기층, 및 상기 음극을 밀봉시키기 위해 사용되는 캡을 포함하고,

상기 음극은 복수의 층을 갖고, 상기 복수의 층에 포함되고 상기 유기층과 접촉하는 제1 음극내의 산소 함량미, 제2 음극상에 형성되고 이후 상기 유기층과 접촉하지 않는 일익의 음극내의 산소 함량보다 더 많은 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광 소자.

형구항 4

제1항에 있어서,

상기 음극의 막 두께는 20nm 내지 100nm인 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광 소자.

형구항 5

제2항에 있어서,

상기 제1 음극의 막 두께는 20nm 내지 100nm인 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광 소자.

형구항 6

제3항에 있어서,

상기 제1 음극의 막 두께는 20nm 내지 100nm인 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광 소자.

형구항 7

절연 기판 상에 형성된 주요 구성 요소들인 양극, 적어도 하나의 유기 발광층을 포함하는 유기층, 및 음극을 캡을 사용하여 밀봉시키기 위한 유기 전계 발광 소자 제조 방법에 있어서,

밀봉 이전에, 상기 장치 주요 구성 요소들이 상부에 형성된 상기 절연 기판을 진공 장치에 놓아두고, 감 소된 대기압에서 상기 유기층과 상기 음극간의 계면에 산소가 포함되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 전 계 발광 소자 제조 방법.

형구항 8

절연 기판 상에 형성된 주요 구성 요소들인 양극, 적어도 1 개의 유기 발광층을 포함하는 유기층, 복수의 층들로 구성된 음극을 캡을 사용하여 밀봉시키기 위한 유기 전계 발광 소자 제조 방법에 있어서,

상기 절연 기판상에 도전막을 형성한 후 상기 양극을 형성하기 위해 도전막 상에 원하는 형상으로 패터닝 동작을 행하는 공정;

상부에 상기 양극이 형성된 상기 절연 기판을 진공 장치에 놓고 감 소된 대기압에서 상기 유기층과 상기 양극상에 복수의 층을 갖는 음극에 포함된 제1 음극층 순차 적층하는 공정;

상기 감 소된 대기압을 유지하는 상기 진공 장치 내에 산소 가스를 도입하여 상기 산소 가스를 상기 제1 음극과 접촉하게 하는 공정;

상기 장치 주요 구성 요소들을 형성하기 위해, 상기 감 소된 대기압에서 상기 제1 음극상에 제2 음극을 형 성한 후 형성된 음극을 적층하는 공정; 및

상기 장치 주요 구성 요소들을 상기 캡을 사용하여 밀봉하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

형구항 9

제7항에 있어서,

상기 제1 음극의 막 두께는 20nm 내지 100nm인 것을 특징으로 하는 방법.

형구항 10

제8항에 있어서,

상기 제1 음극의 막 두께는 20nm 내지 100nm인 것을 특징으로 하는 방법.

형구항 11

제9항에 있어서,

상기 진공 장치 내의 산소의 부분 압력이  $2 \times 10^{-4}$  내지  $1 \times 10^{-1}$  파스칼이 되도록 상기 산소 가스가 도입 되는 것을 특징으로 하는 방법.

형구항 12

제10항에 있어서,

상기 진공 장치 내의 산소의 부분 압력이  $2 \times 10^{-4}$  내지  $1 \times 10^{-1}$  파스칼이 되도록 상기 산소 가스가 도입

되는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 13

제10항에 있어서,

상기 진공 장치 내의 산소의 부분 압력이  $2 \times 10^{-4}$  내지  $1 \times 10^{-5}$  파스칼이 되도록 상기 산소 가스가 도입되는 것을 특징으로 하는 방법.

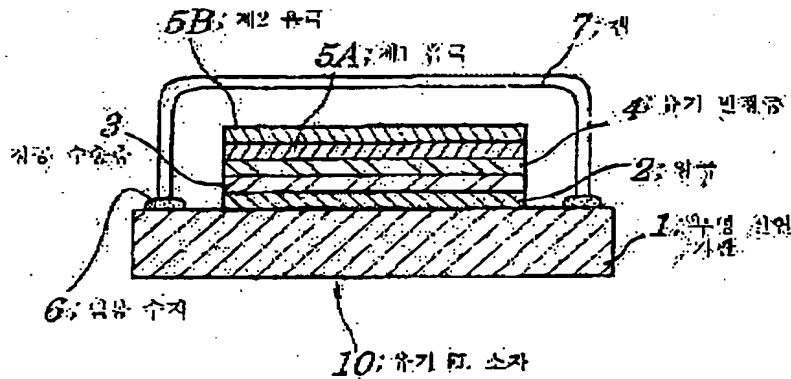
### 청구항 14

제7항에 있어서,

상기 진공 장치로서 진공 증착 장치를 사용하는 것을 특징으로 하는 방법,

도면

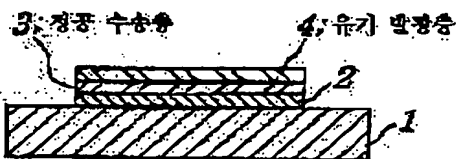
도면1



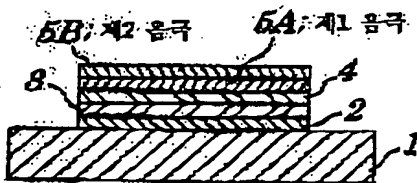
도면2



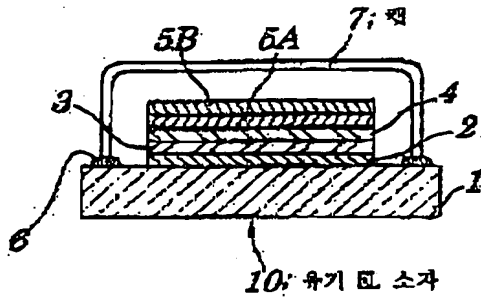
도면3



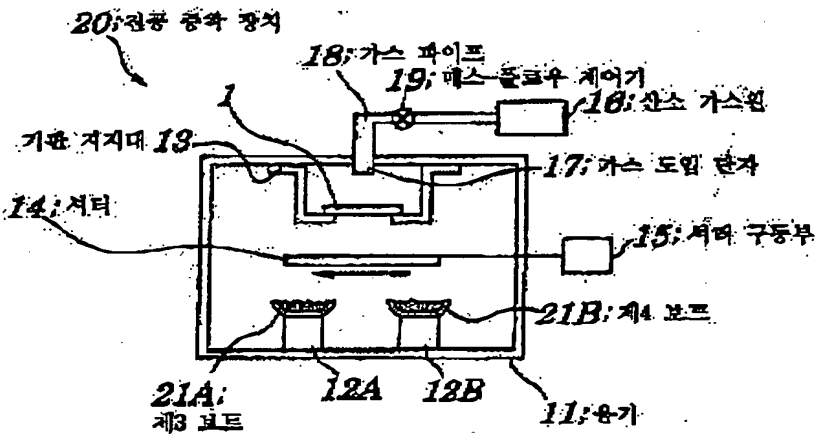
도면4



도2d



도2b



도2a

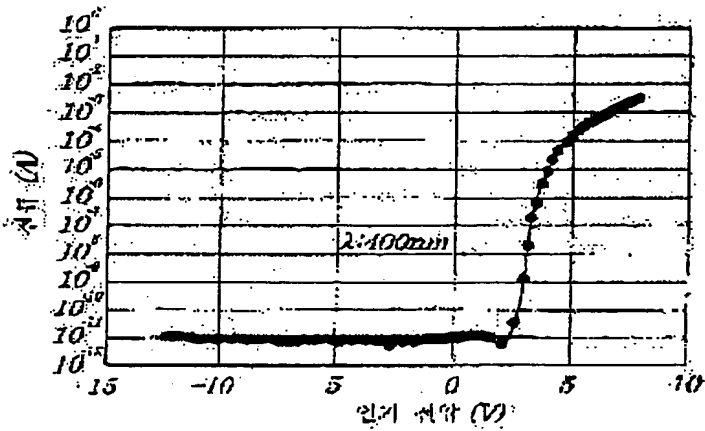


도표5

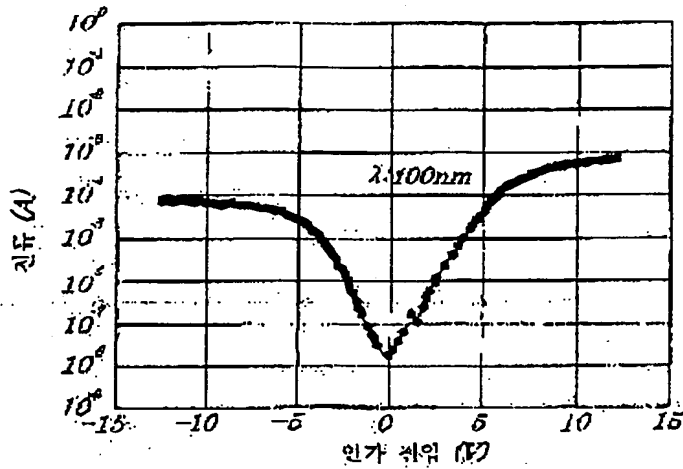


도표6

No.	상수의 부분압(Pa)	정류비 (8V는 인가했을 때)
1	$2 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-6}$
2	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
3	$5 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$
4	$1 \times 10^{-5}$	$2.8 \times 10^{-6}$

도표7

No.	상수의 부분압(Pa)	정류비 (8V는 인가했을 때)
1	$1 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-6}$
2	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$

도표8

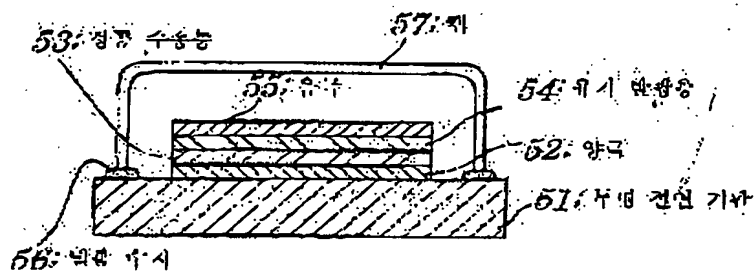
No.	제1 음극의 부하 저항( $\Omega$ )	정류비 (8V는 인가했을 때)
1	80	$2.9 \times 10^{-6}$
2	40	$1.2 \times 10^{-6}$
3	70	$1.6 \times 10^{-6}$
4	100	$2.7 \times 10^{-6}$

도면 9

No.	제1 실시예 박 두께(NM)	정류비 (8V를 인가했을 때)
1	10	$1.0 \times 10^5$
2	200	$6.0 \times 10^3$
3	300	$4.2 \times 10^2$
4	500	$5.3 \times 10^2$

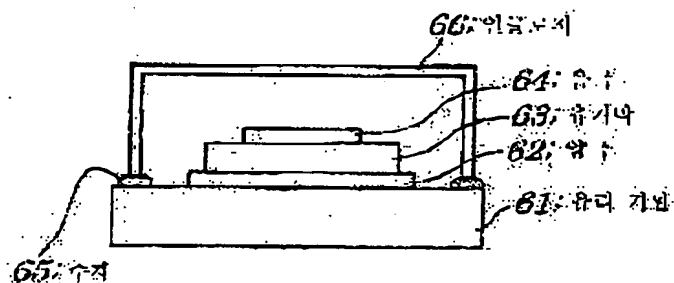
도면 10

(상면 개략)



도면 11

(상면 개략)



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**